

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УМР

А.А.Панфилов

« 04 » 04 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НАНОКЕРАМИКИ**

Направление подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль -

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудо- емкость зач. ед./час.	Лекций, час.	Лаборат. работ, час.	Практиче- ские заня- тия, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет), час
7	6/216	36	18	18	108	Экзамен, 36
Итого	6/216	36	18	18	108	Экзамен, 36

Владимир, 2015

## **1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Курс "Химическая технология нанокерамики" предполагает ознакомление с химическими, гетерофазными, газофазными методами синтеза нано-частиц и наноструктур, изучением их физико-химических свойств, структурными особенностями неорганических наноразмерных частиц, оксидов металлов, соединений кремния, циркония, фуллеренов и углеродных нанотрубок. Дает представление об особенностях химической технологии производства нанокерамики, особенностях их физических свойств.

При изучении курса закладываются основы и общее представление о технологических дисциплинах, которые при последующем обучении будут развиты при чтении курсов специальных дисциплин. Для понимания фактического материала необходимо знание основ неорганической и физической химии.

Курс имеет целью сформировать основы технологического мышления, раскрыть взаимосвязи между развитием химической науки и технологии производства наноразмерных и наноструктурных материалов, подготовить студентов к активному изучению специальных дисциплин, развить в них творческое отношение по освоению знаний технологии производства наноматериалов. Курс должен обеспечить в полной мере понимание студентами целей и задач химической технологии наноматериалов, изучение основ производства материалов и изделий из них, практическое и научное приложение полученных знаний к созданию микросистемной техники, электронных наноприборов

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Дисциплина относится к базовой части учебного плана подготовки бакалавра. Курс "Химическая технология нанокерамики" предваряет базовую подготовку студентов по дисциплинам «Физико-химические основы микро- и наносистемной техники», «Материаловедение наноструктурированных материалов», «Квантовая и оптическая электроника», «Моделирование и проектирование микро- и наносистем», «Процессы микро- и наноэлектроники», «Зондовые технологии», «Проектирование электронных средств».

Знания, полученные в данном курсе необходимы для дальнейшего обучения по дисциплинам вариативной части.

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В процессе освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

**1) Знать**

- базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве наноматериалов (ПК-8, ПК-10)

**2) Уметь:**

- использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-8, ПК-10)

**3) Владеть:**

- готовностью работы на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-8, ПК-10)

В результате изучения дисциплины обучающийся должен освоить следующие компетенции:

**(ПК-8)** готовностью использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники;

**(ПК-10)** готовностью работать на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.

### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единицы, 216 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)		
				Лекции	Консультации	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС			КП / КР	
1	Тема 1. Наноструктурные материалы. Лекции 1,2,3	7	1	2			2						
			2	2		2	2			18		6/50	
			3	2									

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Объем учебной работы с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Лекции	Консультации	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР			
2	Тема 2. Газофазный синтез наноматериалов и наноструктур. Лекции 4,5,6	7	4 5 6	2 2 2		2 2	2			18		6/50	Рейтинг-контроль 1
3	Тема 3. Химические методы синтеза Лекции 7,8,9	7	7 8 9	2 2 2		2 2	2			18		6/50	
4	Тема 4. Технология управляемой кристаллизации оксидов при спекании Лекции 10,11,12	7	10, 11, 12	2 2 2		2	2 2			18		6/50	Рейтинг-контроль 2
5	Тема 5. Фуллерены и углеродные нанотрубки Лекции 13,14	7	13,14	2 2		2	2			18		4/50	
6	Тема 6. Особенности химических и физических характеристик наноматериалов Лекции 15,16,17,18	7	15, 16, 17, 18	2 2 2 2		2 2	2 2			18		8/50	Рейтинг-контроль 3
Итого (216 час)				36		18	18			108		36/50	Экзамен, 36

#### 4.1. Теоретический курс (мультимедийное сопровождение)

##### **Тема 1. НАНОСТРУКТУРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

*Лекция 1* История развития науки о наноструктурированных материалах.

Вопросы: 1. Введение. Первые научные упоминания о малых частицах. 2. Фактическое начало изучения наноструктурного состояния. 3. Особые свойства и строение малых атомных агрегаций. 4. Внедрение в технологии производства транзисторов и лазеров наноматериалов. 5. Начало интенсивного познания твердого тела и развития техники манипулирования атомами и молекулами.

*Лекция 2* Характеристика наноструктурированных материалов.

Вопросы: 1. Общая характеристика наноструктур. 2. Модели строения и формирования наночастиц. 3. Комбинация структурных элементов наночастиц.

*Лекция 3.* Структура наночастиц и наносистем.

Вопросы: 1. Уровни иерархии наноструктур. 2. Особенности влияния наночастиц на свойства формируемых изделий. 3. Огнеупорная природа оксидов металлов. 4. Влияние способов получения на морфологию наноматериалов.

##### **Тема 2. ГАЗОФАЗНЫЙ СИНТЕЗ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОСТРУКТУР**

*Лекция 4.* Газофазный метод синтеза наноматериалов

Вопросы: 1. Современные экспериментальные методы исследования веществ. 2. Техника конденсации газа. 3. Схема типовой установки для получения наночастиц из пересыщенного пара. 4. Модернизация процесса конденсации газа при производстве наночастиц. Схема установки. 5. Термическое испарение. 5. Напыление. 6. Лазерное испарение 7. Методы газовой конденсации.

*Лекция 5.* Синтеза нанокристаллических нитридов

Вопросы: 1. Методы газовой конденсации. 2. Синтез нанокристаллического нитрида алюминия в потоке аммиака. 3. Парофазовый синтез нитрида алюминия в потоке азота. Схема установки.

*Лекция 6.* Распылительный пиролиз

Вопросы: 1. Распылительный пиролиз оксидов металлов. 2. Установки для распылительного пиролиза 3. Материалы для применения в распылительном пиролизе 4. Пламенные реакторы 5. Преимущества и недостатки пламенных реакторов 6. Контрольные вопросы

### **Тема 3. ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ СИНТЕЗА**

#### **Лекция 7. Золь-гель синтез наночастиц**

Вопросы: 1. Золь-гель способ синтеза наночастиц 2. Схема золь-гель способа  
3. Схема установки получения сферических частиц гелеобразного материала 4. Механизм гидролиза алкоксидов металлов 5. Зависимость скорости гидролиза от различных факторов.  
6. Удаление растворителя и сушка

#### **Лекция 8. Метод реверсирования мицеллы**

Вопросы: 1. Реверсивные мицеллы 2. Метод получения керамических наночастиц осаждением из раствора солей прекурсора. 3. Химический синтез прекерамических полимеров.

#### **Лекция 9. Термический синтез из прекерамических полимерных прекурсоров.**

Вопросы: 1. Отжиг аморфных прекерамических порошков. 2. Схема установки получения ультразерен лазерным способом. 3. Механохимический синтез 4. Структура нанопорошков, полученных измельчением в планетарных мельницах с применением катализатора измельчения 5. Контрольные вопросы

### **Тема 4. ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЯЕМОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ОКСИДОВ ПРИ СПЕКАНИИ**

#### **Лекция 10. Кристаллизация оксидов металлов при спекании**

Вопросы: 1. Кристаллизация оксидов металлов 2. Структурные особенности неорганических наноразмерных частиц формируемых при спекании 3. Химизм связи керамических наночастиц. 4. Влияние поверхности кристаллов

#### **Лекция 11. Контролируемое термическое разложение металлоорганических прекурсоров**

Вопросы: 1. Формирование паутиноподобных структуры 2. Формирование кубоподобных кристаллитов. 3. Формирование структуры диоксида титана  
4. Структура наночастиц соединений кремния, свинца, циркония 5. Контрольные вопросы.

#### **Лекция 12. Самоорганизация наночастиц**

Вопросы: 1. Надмолекулярные структуры с участием наночастиц  
2. Получения наночастиц различного размера и формы 3. Процессы организации и самоорганизации наночастиц на примере частиц серебра и золота. 4. Процессы трансляционного и ориентационного упорядочения наночастиц 5. Проблемы создания электронных наноприборов.



## **Раздел 5. ФУЛЛЕРЕНЫ И УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ**

### **Лекция 13. Нанохимия группы углерода и кремния.**

Вопросы: 1. Наночастицы углерода и кремния 2. Фуллерены. 3. Реакция замещения хлорфуллеренов 4. Реакция внедрения металлов в фуллерены 5. внедрение инертных газов в фуллерены 6. Регулирование реакционной способности металлфуллеренов 7. Кластеры кремния

### **Лекция 14. Химия углеродных нанотрубок**

Вопросы: 1. Структура углеродных нанотрубок. 2. Синтез углеродных нанотрубок. 3. Химия нанотрубок 4. Заполнение внутренних полостей 5. Прививка функциональных групп. 6. Внедрение атомов и молекул в многослойные трубки

## **Тема 6. ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАНОМАТЕРИАЛОВ**

### **Лекция 15. Размерные эффекты в нанохимии частиц и наносистем**

Вопросы: 1. Квантовый размерный эффекты в нанохимии 2. Зависимость свойств материалов от размеров частиц 3. Химические свойства изоляционных поверхностей 4. Особенности физических свойств оксидов металлов 5. Физические свойства нанофазной керамики 6. Контрольные вопросы

### **Лекция 16. Высокоплотные наноструктурированные системы**

Вопросы: 1. Получение высокоплотных наноструктурированных систем. 2. Сверхпластичность и гибкость 3. Электрические и оптические свойства 4. Перспективы развития нанотехнологии оксидов металлов 5. Контрольные вопросы

### **Лекция 17. Синтез тугоплавких оксидов**

Вопросы: 1. Синтез тугоплавких нанопорошков в высокотемпературной плазме 2. Синтез прозрачной нанокерамики на основе шпинели 3. Сравнительные характеристики наноматериалов 4. Контрольные вопросы

### **Лекция 18. Сравнительные технические характеристики наноматериалов**

Вопросы: 1. Температуроустойчивые стеклокерамические и стеклокристаллические покрытия для химической и пищевой промышленности.  
2. Высококремнеземистые волокна и материалы на их основе.  
3. Ресурсосберегающие стеклообразные пеноматериалы.  
4. Стеклообразные и ситалловые оптически прозрачные материалы.  
5. Новые научные направления и технологии XXI века.

#### 4.2. Перечень тем лабораторного практикума

Лабораторная работа 1	Особое строение и свойства малых атомных агрегаций
Лабораторная работа 2	Влияния наночастиц на свойства формируемых изделий
Лабораторная работа 3	Схема установки парофазового синтеза нитрида алюминия в потоке азота.
Лабораторная работа 4	Синтез наночастиц в пламенных реакторах
Лабораторная работа 5	Получения керамических наночастиц из раствора солей прекурсора.
Лабораторная работа 6	Структурные особенности неорганических наноразмерных частиц формируемых при спекании
Лабораторная работа 7	Получения наночастиц различного размера и формы.
Лабораторная работа 8	Синтез углеродных нанотрубок
Лабораторная работа 9	Получение высокоплотных наноструктурированных систем.

#### 4.3. Перечень тем практических занятий

Практическое занятие 1	Формирование наночастиц и модели их строения
Практическое занятие 2	Установки для получения наночастиц из газовой фазы
Практическое занятие 3	Получение наночастиц распылительным пиролизом
Практическое занятие 4	Золь-гель синтез наночастиц
Практическое занятие 5	Синтез нанокристаллических частиц отжигом прекерамических порошков
Практическое занятие 6	Формирование кубоподобных нанокристаллитов соединений кремния, свинца, циркония, диоксида титана
Практическое занятие 7	Наночастицы углерода и кремния
Практическое занятие 8	Квантовые размерные эффекты в нанохимии
Практическое занятие 9	Синтез тугоплавких нанопорошков в высокотемпературной плазме

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для достижения планируемых результатов обучения, в дисциплине "Химическая технология нанокерамики" используются различные образовательные технологии:



1. *Информационно-развивающие технологии*, направленные на овладение большим запасом знаний, запоминание и свободное оперирование ими.

Используется лекционно-семинарский метод, самостоятельное изучение литературы, применение новых информационных технологий для самостоятельного пополнения знаний, включая использование технических и электронных средств информации.

2. *Деятельностные практико-ориентированные технологии*, направленные на формирование системы профессиональных практических умений при проведении экспериментальных исследований, обеспечивающих возможность качественно выполнять профессиональную деятельность.

3. *Развивающие проблемно-ориентированные технологии*, направленные на формирование и развитие проблемного мышления, мыслительной активности, способности проблемно мыслить, видеть и формулировать проблемы, выбирать способы и средства для их решения.

Используются виды проблемного обучения: освещение основных проблем на лекциях, учебные дискуссии, коллективная мыслительная деятельность в группах при выполнении лабораторных работ,

*Личностно-ориентированные технологии обучения*, обеспечивающие в ходе учебного процесса учет различных способностей обучаемых, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе. Личностно-ориентированные технологии обучения реализуются в результате индивидуального общения преподавателя и студента при выполнении домашних индивидуальных заданий, подготовке индивидуальных отчетов по лабораторным работам.

4. Для целенаправленного и эффективного формирования запланированных компетенций у обучающихся, выбраны следующие сочетания форм организации учебного процесса и методов активизации образовательной деятельности:

- при выполнении лабораторных работ: работа в команде, метод выборочных ответов, исследовательский метод, анализ конкретных ситуаций (case-study);

- при чтении лекций: интерактивная лекция, опережающая самостоятельная работа, "мозговой штурм" (выборочно по списку группы определяются студенты, которые отвечают на вопросы преподавателя по предыдущей теме лекционного курса);

В рамках работы над содержанием дисциплины использованы следующие формы работ:

- публичная защита рефератов;

- научные студенческие конференции по итогам защиты рефератов;

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **6.1. Формирование рейтинговой оценки. Критерии и методы оценки качества знаний студентов по дисциплине "Химическая технология нанокерамики"**

Текущий контроль знаний студентов осуществляется посредством рейтинговой оценки знаний студентов.

В соответствии с рейтинговой системой, текущий контроль производится трижды в течение семестра путем балльной оценки качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы) и результатов практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем).

#### **Рейтинг-контроль № 1.**

1. Первые научные упоминания о малых частицах. 2. Фактическое начало изучения наноструктурного состояния. 3. Особые свойства и строение малых атомных агрегаций. 4. Внедрение в технологии производства транзисторов и лазеров наноматериалов. 5. Начало интенсивного познания твердого тела и развития техники манипулирования атомами и молекулами. 6. Общая характеристика наноструктур. 7. Модели строения и формирования наночастиц. 8. Комбинация структурных элементов наночастиц. 9. Уровни иерархии наноструктур. 10. Особенности влияния наночастиц на свойства формируемых изделий. 11. Огнеупорная природа оксидов металлов. 12. Влияние способов получения на морфологию наноматериалов. 13. Газофазный метод синтеза наноматериалов при конденсации газа. 14. Схема типовой установки для получения наночастиц из пересыщенного пара. 15. Модернизация процесса конденсации газа при производстве наночастиц. Схема установки. 16. Термическое испарение. 17. Напыление. Лазерное испарение 18. Методы газовой конденсации. 19. Методы газовой конденсации нанокристаллических нитридов. 20. Синтез нанокристаллического нитрида алюминия в потоке аммиака. 21. Парофазовый синтез нитрида алюминия в потоке азота. Схема установки. 22. Распылительный пиролиз оксидов металлов. 23. Установки для распылительного пиролиза. 24. Материалы для применения в распылительном пиролизе 25. Пламенные реакторы. Преимущества и недостатки пламенных реакторов

#### **Рейтинг-контроль № 2.**

1. Золь-гель способ синтеза наночастиц 2. Схема золь-гель способа 3. Схема установки получения сферических частиц гелеобразного материала 4. Механизм гидролиза алкоксидов

металлов 5. Зависимость скорости гидролиза от различных факторов. 6. Удаление растворителя и сушка 7. Реверсивные мицеллы 8. Метод получения керамических наночастиц осаждением из раствора солей прекурсора. 9. Химический синтез прекерамических полимеров. 10. Отжиг аморфных прекерамических порошков. 11. Схема установки получения ультразвуком лазерным способом. 12. Механохимический синтез 13. Структура нанопорошков, полученных измельчением в планетарных мельницах с применением катализатора измельчения 14. Кристаллизация оксидов металлов 15. Структурные особенности неорганических наноразмерных частиц формируемых при спекании 16. Химизм связи керамических наночастиц. 17. Влияние поверхности кристаллов. 18. Формирование паутиноподобных структуры из металлоорганических прекурсоров 19. Формирование кубоподобных кристаллитов. 20. Формирование структуры диоксида титана, наночастиц соединений кремния, свинца, циркония 21. Надмолекулярные структуры с участием наночастиц. 22. Получения наночастиц различного размера и формы 23. Процессы организации и самоорганизации наночастиц на примере частиц серебра и золота. 24. Процессы трансляционного и ориентационного упорядочения наночастиц 25. Проблемы создания электронных наноприборов.

### **Рейтинг-контроль № 3.**

1. Наночастицы углерода и кремния. Фуллерены. 2. Реакция замещения хлорфуллеренов 3. Реакция внедрения металлов в фуллерены 4. внедрение инертных газов в фуллерены 5. Регулирование реакционной способности металлфуллеренов 6. Кластеры кремния. 7. Структура углеродных нанотрубок. 8. Синтез углеродных нанотрубок. 9. Химия нанотрубок 10. Заполнение внутренних полостей 11. Прививка функциональных групп. 12. Внедрение атомов и молекул в многослойные трубки. 13. Квантовый размерный эффекты в нанохимии 14. Зависимость свойств материалов от размеров частиц 15. Химические свойства изоляционных поверхностей 16. Особенности физических свойств оксидов металлов 17. Физические свойства нанофазной керамики. 18. Получение высокоплотных наноструктурированных систем. 19. Сверхпластичность и гибкость 20. Электрические и оптические свойства 21. Перспективы развития нанотехнологии оксидов металлов. 22. Синтез тугоплавких нанопорошков в высокотемпературной плазме 23. Синтез прозрачной нанокерамики на основе шпинели 24. Сравнительные характеристики наноматериалов. 25. Температуроустойчивые стеклокерамические и стеклокристаллические покрытия для химической и пищевой промышленности. 26. Высококремнеземистые волокна и материалы на их основе. 27. Ресурсосберегающие стеклообразные пеноматериалы. 28. Стеклообразные и ситалловые оптически прозрачные материалы. 29. Новые научные направления и технологии XXI века.

## 6.2. Темы для самостоятельного изучения – контрольные работы

1. Классификация и методы получения нанокластеров и наноструктур.
2. Методы исследования
3. Поверхность твердых тел. Микроскопические аспекты
4. Термодинамические аспекты поверхности
5. Кластерные модели
6. Молекулярные лигандные кластеры
7. Безлигандные металлические кластеры
8. Углеродные кластеры
9. Кластеры инертных газов и малых молекул
10. Кластерные реакции
11. Коллоидные кластеры и наноструктуры
12. Фуллерены и углеродные нанотрубки
13. Твердотельные нанокластеры и наноструктуры. Тонкие пленки. Механические и тепловые свойства
14. Матричные и супрамолекулярные нанокластеры и наноструктуры
15. Оптические и электронные свойства наносистем и наноматериалов.
16. Оптические наностройства
17. Магнитные свойства наноструктур
18. Зерна, слои и поры в консолидированных материалах
19. Дефекты, поверхности раздела, пограничные сегрегации
20. Структура полимерных, биологических и углеродных наноматериалов
21. Общая характеристика свойств наноматериалов. Электронное строение
22. Фазовые равновесия и термодинамика наносистем. Фононный спектр и термические свойства.
23. Свойства типа проводимости. Оптические свойства. Магнитные характеристики.
24. Механические свойства, стабильность, рост зерен, диффузия.
26. Реакционная способность, катализ
27. Технология консолидированных материалов, технология полупроводников.
28. Микро- и наноэлектромеханические системы, материалы со специальными физическими свойствами, био- медицинские материалы

29. Получение тонких пленок, покрытий и мембран наноразмерной величины
30. Свойства тонких пленок покрытий и мембран наноразмерной величины
31. Углеродные нанотрубки и композиционные материалы на их основе.
32. Синтез, свойства, применение углеродных нанотрубок.
33. Нановолокна на основе оксида циркония., нанотрубки на основе оксида циркония
34. Нанопроволока на основе оксидов циркония.

### 6.3. Вопросы к экзамену

1. Первые научные упоминания о малых частицах. Фактическое начало изучения наноструктурного состояния.
2. Особые свойства и строение малых атомных агрегаций.
3. Общая характеристика наноструктур. Модели строения и формирования наночастиц.
4. Комбинация структурных элементов наночастиц.
5. Уровни иерархии наноструктур.
6. Особенности влияния наночастиц на свойства формируемых изделий. Влияние способов получения на морфологию наноматериалов.
7. Огнеупорная природа оксидов металлов.
8. Газофазный метод синтеза наноматериалов при конденсации газа.
9. Схема типовой установки для получения наночастиц из пересыщенного пара.
10. Модернизация процесса конденсации газа при производстве наночастиц. Схема установки.
11. Термическое испарение. Напыление. Лазерное испарение
12. Методы газовой конденсации нанокристаллических нитридов.
13. Синтез нанокристаллического нитрида алюминия в потоке аммиака.
14. Распылительный пиролиз оксидов металлов. Установки для распылительного пиролиза. Материалы для применения в распылительном пиролизе.
15. Пламенные реакторы. Преимущества и недостатки пламенных реакторов.
16. Золь-гель способ синтеза наночастиц, схема золь-гель способа
17. Схема установки получения сферических частиц гелеобразного материала
18. Механизм гидролиза алкоксидов металлов, зависимость скорости гидролиза от различных факторов, удаление растворителя и сушка
19. Реверсивные мицеллы, метод получения керамических наночастиц осаждением из раствора солей прекурсора.



20. Химический синтез прекерамических полимеров, отжиг аморфных прекерамических порошков.
21. Схема установки получения ультразерен лазерным способом.
22. Механохимический синтез; структура нанопорошков, полученных измельчением в планетарных мельницах с применением катализатора измельчения
23. Кристаллизация оксидов металлов, структурные особенности неорганических наноразмерных частиц формируемых при спекании
24. Химизм связи керамических наночастиц, влияние поверхности кристаллов.
25. Формирование паутиноподобных структуры из металлоорганических прекурсоров, формирование кубоподобных кристаллитов. Формирование структуры диоксида титана, наночастиц соединений кремния, свинца, циркония.
26. Надмолекулярные структуры с участием наночастиц, получения наночастиц различного размера и формы
27. Процессы организации и самоорганизации наночастиц на примере частиц серебра и золота.
28. Процессы трансляционного и ориентационного упорядочения наночастиц, проблемы создания электронных наноприборов.
29. Наночастицы углерода и кремния, фуллерены, кластеры кремния.
30. Реакция замещения хлорфуллеренов, реакция внедрения металлов в фуллерены внедрение инертных газов в фуллерены, регулирование реакционной способности металлфуллеренов.
31. Синтез, структура, химия углеродных нанотрубок.
32. Заполнение внутренних полостей, прививка функциональных групп, внедрение атомов и молекул в многослойные трубки.
33. Квантовый размерный эффекты в нанохимии, зависимость свойств материалов от размеров частиц.
34. Химические свойства изоляционных поверхностей
35. Особенности физических свойств оксидов металлов, физические свойства нанофазной керамики: сверхпластичность и гибкость, электрические и оптические свойства
36. Получение высокоплотных наноструктурированных систем.
37. Синтез тугоплавких нанопорошков в высокотемпературной плазме.
38. Синтез прозрачной нанокерамики на основе шпинели.
39. Сравнительные характеристики наноматериалов.
40. Перспективы развития нанотехнологии оксидов металлов.
41. Ресурсосберегающие стеклообразные пеноматериалы.



#### 42. Стеклообразные и ситалловые оптически прозрачные материалы.

Промежуточная аттестация (экзамен) проводится в конце семестра также путем балльной оценки. Итоговый рейтинг определяется суммированием баллов текущей оценки в течение семестра и баллов промежуточной аттестации в конце семестра по результатам зачета. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

При оценке знаний студентов преподаватель должен руководствоваться следующими критериями для обеспечения объективного подхода к выставлению оценок «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно»:

- оценка «отлично» выставляется за глубокие, исчерпывающие ответы на вопросы экзаменационного билета, изложенные последовательно, грамотно, с обоснованием представленных положений, использованием не только конспекта лекций и учебника, но и монографической литературы;

- оценка «хорошо» выставляется за правильные ответы на вопросы экзаменационного билета, причем они должны быть изложены грамотно и по существу вопроса, без существенных неточностей;

- оценка «удовлетворительно» выставляется за такие ответы, в которых частично изложен основной материал, но не приводятся детали, допущены неточности в формулировках, нарушена последовательность изложения, допущено недостаточное знание практических вопросов;

- оценка «неудовлетворительно») выставляется за отсутствие ответов на два вопроса билета, или неполные ответы на них, в которых допущены существенные ошибки.

Пересчет итогового рейтингового балла в оценку приведен в таблице.

**Таблица**

Шкала пересчета итогового рейтингового балла в оценку

Итоговый рейтинговый балл	Оценка
$\geq 91$	отлично
75-90	хорошо
61-74	удовлетворительно
$<60$	неудовлетворительно

## 7.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### а) основная литература

- 1 Нанотехнологии и экология: риски, нормативно-правовое регулирование и управление [Электронный ресурс] / М. Халл, Д. Боумен. - М. : БИНОМ, 2015 Студенческая научная библиотека «Консультант студента»  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996329229.html>.
- 2 Основы нанотехнологии [Электронный ресурс] / Н.Т. Кузнецов, В.М. Новоторцев, В.А. Жабрев, В.И. Марголин. - М. : БИНОМ, 2014. Студенческая научная библиотека «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996323784.html>
- 3 Нанотехнологии в медицине [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Ю. Науменко, Т.А. Алексеев, А.С. Дмитриев. - М. : Издательский дом МЭИ, 2012. - Студенческая научная библиотека «Консультант студента»  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383007310.html>
- 4 Нанотехнологии в электронике. Выпуск 2 [Электронный ресурс] / Под ред. Ю.А. Чаплыгина - М. : Техносфера, 2013. Студенческая научная библиотека «Консультант студента» - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363530.html>
- 5 Нанотехнологии и микромеханика. Ч. 6. Базовые технологические процессы микросистемной техники [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / К.Г. Потловский, Е.А. Скороходов, С.А. Козубняк. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. - Студенческая научная библиотека «Консультант студента»  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703837290.html>

### б) дополнительная литература

- 1 Малые объекты - большие идеи. Широкий взгляд на нанотехнологии [Электронный ресурс] / Генрих Эрлих. - 3-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ, 2015. - Студенческая научная библиотека «Консультант студента»  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996329281.html>
- 2 Нанотехнологии и специальные материалы [Электронный ресурс] : Учебное пособие для вузов / Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И., Вологжанина С.А., Петкова А.П. - СПб. : ХИМИЗДАТ, 2009. Студенческая научная библиотека «Консультант студента»  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081772.html>
- 3 Морозов В.В. Нанотехнологии в керамике: монография. в 2ч. Ч.2. Нанопленки,

нанопокрyтия, наномембраны, нанотрубки, наностержни, нанопроволока/В.В. Морозов, Э.П.Сысоев; Владим .гос.ун-т – Владимир: Изд-во Владим.гос.ун-та, 2011.- 167 с

- 4 Сысоев, Э. П.. Нанокерамические материалы : учебное пособие : в 2 ч. / Э. П. Сысоев — Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), Ч. 1: Пленки, покpытия, мембраны .— 2008 .— 89 с. Электронная библиотека ВлГУ  
<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/1213/3/01107.pdf>
- 5 Сысоев, Э.П. Нанокерамические материалы : учебное пособие : в 2 ч. / Э. П. Сысоев. — Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ). Ч. 2: Трубки, стержни, проволока .— 2009 .— 85 с Электронная библиотека ВлГУ  
<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/1266/3/00905.pdf>

**в) периодические издания:**

- журнал «Изветия ВУЗов. Химия и химическая технология»;
- журнал «Химическая промышленность сегодня»;
- журнал «Фундаментальные проблемы современного материаловедения»;
- журнал «Бутлеровские сообщения»;
- журнал «Башкирский химический журнал»;
- журнал «Известия ВУЗов. Прикладная химия и биотехнология»;
- журнал «Современные наукоемкие технологии»

**г) интернет-ресурсы:**

- сайты ведущих научных журналов по химической технологии;
- электронные библиотечные системы ВлГУ (бесплатный доступ через электронную библиотеку ВлГУ).

**8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

- 1) интерактивные лекции (наборы презентаций для прочтения лекций);
- 2) набор DVD-фильмов по различным производствам и процессам химической технологии;
- 3) лаборатории и аудитории кафедры для проведения лабораторных и практических занятий 430-1, 305-1.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Рабочую программу составил д.т.н., профессор

Христофоров А.И.

Рецензент (представитель работодателя)  
зам. генерального директора по  
научно -технологическому развитию  
ЗАО «Компания «СТЭС», к.т.н

Лазарев Е.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ХТ, пр.№ 8 от 07.04.2015

Заведующий кафедрой, д.т.н., профессор

Панов Ю.Т.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, пр. № 11 от 07.04.15

Председатель комиссии, д.ф-м.н., профессор

Аракелян С.М.

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ

#### РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рабочая программа одобрена на 18-19 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 03.09.18 года

Заведующий кафедрой  С.М. Аракелян

Рабочая программа одобрена на 19-20 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 02.09.19 года

Заведующий кафедрой  С.М. Аракелян

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_